

بررسی تطبیقی شاخص‌های اقلیمی و ماهواره‌ای در روند تغییرات پهنه‌های ماسه‌ای شهرستان سرخس

زهرا گوهری: دانشجوی دکتری گروه مناطق خشک و بیابانی، دانشکده‌ی کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان

هایده آرا*: استادیار گروه مناطق خشک و بیابانی، دانشکده‌ی کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان

هادی معماریان خلیل‌آباد: دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۸)

چکیده

خشکسالی نه تنها بر تولیدات کشاورزی و منابع آب بلکه بر پوشش گیاهی طبیعی یک منطقه نیز تأثیر می‌گذارد و گسترش نواحی بیابانی را تسریع می‌کند. امروزه تشخیص تأثیر خشکسالی بر پهنه‌های ماسه‌ای از نظر زمانی و مکانی، توسط تصاویر ماهواره یا تعریف شاخص‌های مختلف ممکن شده‌است. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر خشکسالی از طریق شاخص‌های **SPI** و **DSI** بر پوشش گیاهی و تغییرات رخ داده در سطح پهنه‌های ماسه‌ای دشت سرخس می‌باشد. در ابتدا شاخص بارندگی استاندارد (**SPI**) و شاخص تعداد روزهای گرد و غبار (**DSI**) در ده ایستگاه سینوپتیک استان خراسان رضوی طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ محاسبه شد. در مرحله‌ی بعد بر اساس ۱۵ تصویر برگرفته از سنجده‌ی لندست، شاخص نرمال شده‌ی اختلاف پوشش گیاهی (**NDVI**) محاسبه شد. وسعت پهنه‌های ماسه‌ای با استفاده از تصاویر چهار دوره‌ی ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ با تکنیک طبقه‌بندی نظارت شده، روش تصمیم‌گیری درختی تحت عنوان شاخص **SDI** استخراج شد و در نهایت، شاخص‌های اقلیمی و ماهواره‌ای مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که رابطه‌ی بین **NDVI** با **DSI** مستقیم، با **SPI** مستقیم معکوس و رابطه‌ی بین **SDI** با شاخص‌های اقلیمی مستقیم و با شاخص **NDVI** مستقیم معکوس می‌باشد؛ بدین صورت که در سال‌های پر باران، تعداد روزهای گرد و غبار کاهش و میزان پوشش گیاهی افزایش یافته‌است. همچنین یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۵ به ترتیب خشک‌ترین و پر باران‌ترین سال در طول دوره‌ی مورد مطالعه بوده که به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد طوفان گرد و غبار به وقوع پیوسته و سطح پوشش گیاهی نیز کمترین و بیشترین سطح در طول دوره مطالعات می‌باشد، ولی سطح پهنه‌های ماسه‌ای در دوره‌های ۵ ساله‌ی مورد مطالعه روند افزایشی داشته‌است. تحقیق حاضر بیانگر تأثیر شاخص‌های اقلیمی در نتایج شاخص‌های ماهواره‌ای است. واژگان کلیدی: شاخص تعداد روزهای گرد و غبار، شاخص خشکسالی، شاخص پوشش گیاهی، پهنه‌های ماسه‌ای، سنجش از دور، سرخس.

۱- مقدمه

شهرستان سرخس از لحاظ استراتژیک و ژئوپلتیک، اهمیت ویژه‌ای در استان خراسان رضوی و کشور دارد. ایجاد پالایشگاه گاز خانگیران و استخراج گاز شیرین و ترش، منطقه‌ی ویژه‌ی اقتصادی سرخس - که کانون مبادلات تجاری به کشورهای آسیای میانه و کشورهای عضو اکو می‌باشد - مهم‌ترین نقطه‌ی بزرگراه ابریشم و محور طلایی مشهد - سرخس - تجن، گمرک بزرگ ترانزیتی سرخس و ... به توسعه و رونق منطقه منجر شده و در سال‌های اخیر نیز به جمعیت این شهر افزوده شده‌است. از طرفی وجود سه کانون بحران فرسایش بادی با نام‌های یازتپه، گنبدلی - آسمال و صمدآباد همچنین پیشروی پهنه‌های فرسایش بادی موجود در منطقه در اثر خشکسالی و تداوم طوفان‌های گرد و غبار، از مهم‌ترین تهدیدات موجود در نقاط استراتژیک منطقه است که بسیار حائز اهمیت می‌باشد. آگاهی از تغییرات تحولات پهنه‌های فرسایش بادی در طول یک دوره‌ی زمانی و ارتباط آن با شرایط اقلیمی، برای برنامه‌ریزان و مدیران بسیار مهم می‌باشد؛ به همین دلیل، استفاده از روش‌های آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند این تغییرات با گذشت زمان ضروری به نظر می‌رسد (Liu et al, 2008). یکی از مقرون به صرفه‌ترین روش‌ها برای تعیین تغییرات پوشش اراضی از جمله پهنه‌های ماسه‌ای، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های مربوط به آن است. در میان شاخص‌های متنوع و متعدد پوشش گیاهی، شاخص NDVI از شاخص‌های پوشش گیاهی جهانی است که از آن برای آماده کردن دائمی اطلاعات مکانی و زمانی پوشش گیاهی استفاده شده‌است (Matsushita et al, 2007). از سوی دیگر، تغییرات اقلیمی و افزایش دما در اثر گرم شدن کره‌ی زمین نیز تأثیرات چشمگیری بر رشد پوشش گیاهی در سال‌های اخیر (Zhao et al, 2017) و تأثیر گسترده‌ای بر پویایی پوشش گیاهی داشته‌است (Tan et al, 2015)؛ از این رو، شاخص‌های اقلیمی را نمی‌توان نادیده انگاشت؛ شاخص‌هایی از جمله خشکسالی که تأثیر مستقیمی بر کاهش پوشش گیاهی و تغییر روند بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه خشک دارد (Kikhosravi, 2016). این شاخص به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه و قابلیت بسیار زیاد در مقایسه‌ی مکانی نتایج، مناسب‌ترین نمایه برای تحلیل خشکسالی به ویژه تحلیل‌های مکانی شناخته می‌شود (Hayes et al, 1999). از دیگر شاخص‌های اقلیمی می‌توان به شاخص وقوع گرد و غبار اشاره کرد که ارتباط مستقیمی با شاخص خشکسالی دارد و مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته‌است که می‌توان به تحقیقات Tsakiris و همکاران (۲۰۰۴)، Herweijer و همکاران (۲۰۰۸)، Gholam و همکاران (۲۰۱۱)، Boroughani و همکاران (۲۰۱۳)، Hahnenberger و همکاران (۲۰۱۲)، Rezazadeh و همکاران (۲۰۱۳)، Tan و همکاران (۲۰۱۴)، O'Loingsigh و همکاران (۲۰۱۴)، Baherai و همکاران (۲۰۱۱) و Khoshkish و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کرد.

برخی پژوهشگران بر این باورند که شاخص‌های اقلیمی نقش مهمی در شاخص‌های ماهواره‌ای از جمله NDVI ایفا می‌کند. زینگ کوبی و همکاران (۲۰۰۷)، وقایع طوفان‌های گرد و غبار و خصوصیات سطح زمین را با استفاده از داده‌های ماهواره و شاخص NDVI همراه با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی مطالعه کردند. آنها بین وقایع طوفان‌های گرد و غبار و دیگر پارامترهای اتمسفری مانند بارندگی و دما ارتباط معنی‌داری یافتند و خصوصیات پوشش سطح زمین را در رخداد طوفان‌های گرد و غبار اثرگذار معرفی کردند. در تحقیقات دیگری مانند تغییرات پوشش گیاهی و شاخص خشکسالی (Ebrahimzadeh et al, 2013)، تولید شاخص خشکسالی کامپوزیت (Bijaber et al, 2018)، ارزیابی

خشکسالی با استفاده از NDVI و شاخص‌های تبخیر و تعرق (Li et al, 2018) و مقاومت مراتع به خشکسالی (Zhang et al, 2017) نیز از شاخص‌های اقلیمی و ماهواره‌ای استفاده شده‌است. در راستای مطالعات انجام شده در منطقه‌ی سرخس، Gohari و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ در چهار دوره از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، به تفکیک کاربری‌های مهم در منطقه‌ی بیابانی سرخس پرداختند. در این تحقیق اشاره شده‌است که تغییرات پهنه‌های ماسه‌ای طی ۱۵ سال مورد مطالعه بیش از سایر کاربری‌ها بوده‌است.

هدف از این مطالعه، مقایسه‌ی توان شاخص‌های ماهواره‌ای و اقلیمی در تشخیص تغییرات رخ داده در پهنه‌های ماسه‌ای دشت سرخس است. با توجه به اینکه خشکسالی تأثیرات زیانباری بر منابع محیطی و انسانی دارد، در این پژوهش سعی بر آن است که با استفاده از شاخص‌های خشکسالی، طوفان گرد و غبار و شاخص‌های ماهواره‌ای، روند گسترش پهنه‌های ماسه‌ای - که تهدیدی جدی برای منابع موجود در شهرستان سرخس می‌باشد - شناسایی شود.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه، بخش کوچکی از حوضه‌ی بزرگ قره قوم در شمال شرق ایران و در همسایگی جنوب صحرای بزرگ قره قوم ترکمنستان است؛ از این رو، این منطقه به شدت تحت تأثیر عوامل حاکم بر توسعه‌ی کویر قرار دارد و از نظر طبیعی نیز دارای استعداد گسترش کویر است. این منطقه به لحاظ جغرافیایی در مختصات ۵۸° تا ۳۵° تا ۳۷° عرض شمالی و ۶۰° تا ۶۱° شرقی واقع شده‌است. شهر سرخس با ارتفاع ۲۵۰ تا ۲۵۶ متر از سطح دریا، در یکی از پست‌ترین نقاط ارتفاعی استان واقع است. بارش متوسط منطقه $۱۸۲/۵$ میلی‌متر است که بیشترین مقدار آن در اسفندماه و کمترین مقدار در مرداد ماه رخ می‌دهد. جهت باد غالب منطقه، شمال غربی است که به سیاه باد معروف می‌باشد و توسعه‌ی اشکال فرسایش بادی از جهت باد غالب منطقه تبعیت می‌کند؛ از این رو، پنجره‌کاری محدوده‌ی دشت سرخس به مساحت ۲۹۹۲ کیلومترمربع - که بیانگر گستره‌ی فرسایش بادی در این منطقه است - انتخاب شد (شکل ۱).

اغلب دامنه‌های شمالی ارتفاعات غربی منطقه دارای خاک لس است که به دلیل داشتن مقادیر زیادی سیلت یکی از حساس‌ترین خاک‌ها به فرسایش می‌باشد. اراضی مزروعی واقع در این دشت نیز دارای خاکی با بافت لومی است که یکی از خاک‌های غنی اما حساس به فرسایش می‌باشد. تمامی عوامل فوق، شرایط را برای بحرانی بودن منطقه مهیا می‌سازد. از طرفی، تأثیر مخرب عوامل انسانی و ناهماهنگی‌های مدیریتی در منطقه شرایط را برای بروز طوفان‌های شن و توسعه‌ی بیابان در این شهرستان تشدید می‌کند. به لحاظ ساختاری، منطقه‌ی مورد مطالعه در نواحی شرقی زون کپه داغ - هزار مسجد قرار دارد که در بخش جنوبی به آهک‌های صخره ساز مزدوران ختم می‌شود و در بخش شمالی - که مرز ایران و ترکمنستان است - سازندها و واحدهای زمین‌شناسی مربوط به تمامی دوران‌ها به جز دوران اول در گستره‌ی این منطقه قابل مشاهده است. چینه‌شناسی منطقه با رخنمون واحد زمین‌شناسی شامل ماسه سنگ، سنگ آهک و کنگلومرای دوران دوم شروع شده‌است و به پهنه‌های لسی، شنی و رسی و آبرفت‌های جوان کواترنری ختم می‌شود.



شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در ایران، استان خراسان رضوی و شهرستان سرخس

۳- مواد و روش

در این پژوهش، ابتدا کلیه‌ی مستندات موجود در منطقه اعم از مطالعات و پروژه‌های اجرا شده، آمار و اطلاعات کلی منطقه، لایه‌ها و نقشه‌های توپوگرافی، داده‌های هواشناسی، تصاویر ماهواره‌ای، نمونه‌برداری‌های میدانی و ... جمع آوری شد. سپس این اطلاعات به کمک نرم‌افزارهای آماری، پردازش تصاویر ماهواره و نرم‌افزار سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، پردازش و بررسی شد. دوره‌ی آماری بررسی تغییرات شاخص‌های اقلیمی و ماهواره‌ای، ۱۵ سال و از سال-های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ است که بر اساس این پایه زمانی، داده‌های هواشناسی از نظر کیفی، همگن و بازسازی شده و تصاویر ماهواره‌ای لندست انتخاب شد. شاخص‌های اقلیمی محاسبه شده در این پژوهش، شاخص خشکسالی SPI^1 و شاخص غبارناکی DSI^2 بود که برای محاسبه‌ی آنها از داده‌های روزانه‌ی گرد و غبار، میزان دید افق و آمار بارش روزانه‌ی ایستگاه‌های سینوپتیک، باران‌سنجی و تبخیرسنجی استان خراسان رضوی استفاده شد. مشخصات این ایستگاه‌ها نیز در جدول (۱) ارائه شده‌است.

¹ Standardized Precipitation Index

² Dust storm index

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک در استان خراسان رضوی

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
مشهد	سینوپتیک	۵۹° ۳۸'	۳۶° ۱۶'	۹۹۲
سبزوار	سینوپتیک	۵۹° ۴۳'	۳۶° ۱۲'	۹۷۷
نیشابور	سینوپتیک	۵۸° ۱۵'	۳۶° ۱۶'	۱۲۱۳
کاشمر	سینوپتیک	۵۸° ۲۸'	۳۵° ۱۲'	۱۱۰۹
قوچان	سینوپتیک	۵۸° ۳۰'	۳۷° ۰۴'	۱۲۸۷
ترت جام	سینوپتیک	۶۰° ۳۵'	۳۵° ۱۵'	۹۵۰
ترت حیدریه	سینوپتیک	۵۹° ۱۳'	۳۵° ۱۶'	۱۴۵۰
سرخس	سینوپتیک	۶۱° ۱۰'	۳۶° ۳۲'	۲۳۵
چناران	سینوپتیک	۵۹° ۱۷'	۳۶° ۲۹'	۱۱۷۶
گناباد	سینوپتیک	۵۸° ۴۱'	۳۴° ۲۱'	۱۰۵۶

داده‌ی ماهواره‌ای مورد استفاده در این پژوهش، لندست سنجنده ETM+ با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ و ۳۰ متر در چهار بازه‌ی زمانی ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ است که از پایگاه اینترنتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه شد. جدول (۲)، اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای به کار رفته در تحقیق را ارائه می‌دهد. سپس مراحل پیش‌پردازش تصاویر مانند تصحیحات اتمسفریک با افزونه Quick Atmospheric و تصحیحات رادیومتریک با افزونه Radiometric Calibration در نرم‌افزار Envi انجام شد.

جدول ۲: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

نام ماهواره	سنجنده	شماره ردیف	شماره گذر	قدرت تفکیک	تاریخ (میلادی)	تاریخ (شمسی)
لندست ۷	TM	۳۵	۱۵۸	۳۰متر	۲۰۰۰/۰۷/۰۸	۱۷ تیرماه ۱۳۷۹
لندست ۷	ETM ⁺	۳۵	۱۵۸	۳۰متر	۲۰۰۵/۰۷/۲۷	۵ مرداد ۱۳۸۴
لندست ۷	ETM ⁺	۳۵	۱۵۸	۳۰متر	۲۰۱۰/۰۷/۱۲	۲۱ تیرماه ۱۳۸۹
لندست ۸	ETM ⁺	۳۵	۱۵۸	۳۰متر	۲۰۱۵/۰۸/۰۷	۱۵ مرداد ۱۳۹۴

۱-۳- شاخص نرمال شده‌ی اختلاف پوشش گیاهی (NDVI)^۱

این شاخص نخستین بار توسط Tucker در سال ۱۹۷۹ به عنوان شاخصی برای سلامت پوشش گیاهی مطرح شد. شاخص NDVI یک شاخص حساس به شرایط پوشش گیاهی است که به طور وسیعی، به منظور تخمین شاخص سطح برگ مورد استفاده قرار می‌گیرد و از طریق نسبت تبدیل نرمال شده‌ی بازتاب، از باند مادون قرمز و باند قرمز حاصل می‌شود (Sharma, 2006). مقادیر این شاخص بین -۱ و +۱ قرار دارد. مقدار NDVI برای سطوح سبز بین ۰ و ۱ و برای

^۱ Normalized Difference Vegetation Index

آب، ابرها و برف معمولاً مقداری کمتر از صفر و منفی است. مقدار بالای این شاخص، افزایش تراکم پوشش گیاهی را نشان می‌دهد که از طریق رابطه‌ی (۱) قابل محاسبه می‌باشد.

$$NDVI = (\rho NIR - \rho Red) / (\rho NIR + \rho Red) \quad \text{رابطه‌ی ۱}$$

ρNIR مقدار بازتابش از باند مادون قرمز و ρRed مقدار بازتابش از باند قرمز می‌باشد (Gillies et al, 1997).

۲-۳- شاخص خشکسالی (SPI)

این شاخص خشکسالی برای کمی کردن بارش در مقیاس‌های زمانی گوناگون طراحی شده است. مشخصه‌ی اصلی این شاخص، انعطاف‌پذیری در اندازه‌گیری خشکسالی در مقیاس‌های زمانی گوناگون است؛ زیرا خشکسالی از لحاظ مدت بسیار گسترده می‌باشد. بنابراین، تشخیص و پایش آن با انواع مقیاس‌های زمانی قابل اهمیت می‌باشد. طبقه‌بندی ارقام شاخص بارندگی استاندارد در جدول (۳) ارائه شده است (Agnew et al, 2000).

جدول ۳: طبقه‌بندی ارقام شاخص SPI

۲ و بیشتر	فوق‌العاده مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	نسبتاً مرطوب
۰/۹۹ تا -۰/۹۹	تقریباً طبیعی
-۱ تا -۱/۴۹	نسبتاً خشک
-۱/۵ تا -۱/۹۹	به شدت خشک
-۲ و کمتر	فوق‌العاده خشک

۳-۳- شاخص شدت گرد و غبار (DSI)

بر اساس محاسبات سازمان هواشناسی استرالیا (ABM)^۱، معیار تعریف پدیده‌ی طوفان‌های گرد و غبار بر اساس میدان دید مشخص می‌شود. این مقدار برای طوفان‌های گرد و غبار متوسط، کمتر از ۱۰۰۰ متر و برای طوفان‌های شدید، کمتر از ۲۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود (Tews, 1996). برای محاسبه‌ی شاخص DSI از معادله‌ی زیر استفاده می‌شود.

$$DSI = \sum_{i=1}^n [(5 \times SDS) + MDS + (0.05 \times LDE)] \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

DSI: شاخص طوفان گرد و غبار در n ایستگاه که در آنها رویداد گرد و غبار در یک بازه‌ی زمانی مشخص ضبط و مشاهده شده است.

SDS: روزهای طوفانی با گرد و غبار شدید، مجموع مشاهدات کدهای گرد و غبار حداکثر روزانه ۳۳-۳۵.

MDS: روزهای طوفانی با گرد و غبار متوسط، مجموع مشاهدات کدهای گرد و غبار حداکثر روزانه ۳۲، ۳۰ و ۹۸.

LDE: روزهای با گرد و غبار محلی، مجموع مشاهدات کدهای گرد و غبار حداکثر روزانه ۰۷، ۰۹.

¹ Australian Bureau of Meteorology

۴-۳- شاخص گستره‌ی پهنه‌های ماسه‌ای (SDI)^۱

نقشه‌ی کاربری اراضی به روش طبقه‌بندی نظارت شده در ۶ کلاس سطوح آبی، اراضی کشاورزی، اراضی بایر و لخت، مراتع، تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای تهیه شد. در فرآیند طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ی دوره‌های زمانی مورد مطالعه، از همه‌ی باندهای موجود در تصاویر بهره گرفته شد. طبقه‌بندی نیز براساس دو روش پیکسل پایه و شیء‌گرا صورت گرفت. سپس پارامترهای کاپا و دقت کلی در الگوریتم‌های روش‌های مورد نظر بررسی شد و بدین ترتیب، الگوریتم‌هایی که بیشترین ضریب دقت را داشتند، به طبقه‌بندی تصمیم‌گیری درختی وارد شدند. به منظور بررسی صحت طبقه‌بندی نیز از لایه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، برداشت نقاط زمینی و تصاویر ماهواره‌ی گوگل ارث استفاده شد و میزان دقت با استفاده از ماتریس ابهام و محاسبه‌ی پارامترهای آماری مانند صحت کل، ضریب کاپا، دقت تولیدکننده و دقت کاربر برای هر طبقه‌بندی محاسبه شد (گوهری و همکاران، ۲۰۱۹). نقشه‌ی تهیه شده در ۶ کلاس کاربری ارائه شد، ولی از آنجا که فقط گستره‌ی نهشته‌های بادی این دشت (تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای) حائز اهمیت بود، سایر کاربری‌ها حذف و فقط این دو کاربری با عنوان SDI برای مقایسه با سایر شاخص‌ها ارائه شد. شکل (۲)، وضعیت تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای منطقه‌ی صمدآباد سرخس را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمونه‌ای از پهنه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه‌ی صمدآباد شهرستان سرخس (منبع: اداره‌ی منابع طبیعی شهرستان مشهد)

^۱ Sand dune index

۳-۵. پارامترهای متداول ارزیابی دقت

پارامترهای متداول مورد استفاده در این تحقیق، دقت کلی و کاپا است که اینک پر استفاده‌ترین معیارهای ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به شمار می‌رود (Machala et al, 2015). دقت کلی، طبق رابطه‌ی (۳) از ماتریس ابهام محاسبه می‌شود.

$$O.A = \frac{\sum_{i=1}^K n_{ii}}{n} \quad \text{رابطه‌ی ۳}$$

که در آن k تعداد کلاس‌ها، n تعداد کل پیکسل‌های معلوم در داده‌ی مرجع، n_{ii} اعضای قطری ماتریس ابهام و $O.A$ دقت کلی طبقه‌بندی است (Arroyo et al, 2010). یکی از شناخته‌شده‌ترین برآوردهای کاپا، با استفاده از عناصر ماتریس ابهام و طبق رابطه‌ی (۴) محاسبه می‌شود (Congalton et al, 2006).

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_i + n + i}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_i + n + i} \quad \text{رابطه ۴}$$

که در آن n تعداد کل پیکسل‌های معلوم، k تعداد کلاس‌ها، n_i مجموع عناصر سطر i ام و $n + i$ مجموع عناصر ستون i ام هستند.

۳-۶. آشکارسازی تغییرات

برای آشکارسازی تغییرات رخ داده در بازه‌ی زمانی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، از دستور جداول متعامد (Cross Tabulation) موجود در نرم‌افزار IDRISI استفاده شد. در این روش، تغییرات کاربری و پوشش اراضی به صورت دوره‌های ۵ ساله و ۱۵ ساله بررسی شد (محمدی و همکاران، ۲۰۱۸)؛ بدین ترتیب که ابتدا نقشه‌ی کاربری اراضی و پوشش زمین سال ۲۰۰۰ به عنوان اولین تصویر و نقشه‌ی کاربری اراضی و پوشش زمین ۲۰۰۵ به عنوان دومین تصویر به نرم‌افزار معرفی شد و بر این اساس، نقشه و جدول تغییرات رخ داده در بازه‌های زمانی ۵ ساله و در نهایت ۱۵ سال برای شش کلاس کاربری و پوشش زمین تعیین شد. خروجی جدول متعامد، به صورت تعداد پیکسل بدون تغییر یا تعداد پیکسل تغییر یافته به کلاس‌های مختلف است که پس از تبدیل آن به مساحت بر حسب هکتار، در بررسی تغییرات از آن استفاده شد.

۴- یافته‌های تحقیق

۴-۱. تغییرات کاربری اراضی در دوره‌ی مورد مطالعه

در تحقیق حاضر، طبقه‌بندی تصاویر و تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی به روش درخت تصمیم‌گیری – که یک روش طبقه‌بندی نظارت شده‌است – انجام شد. پس از تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵، مساحت برای شش طبقه‌ی کاربری اراضی محاسبه شد. نتایج تغییرات رخ داده نشان می‌دهد که طی دوره‌ی زمانی (۲۰۰۰-۲۰۱۵)، وسعت کاربری اراضی مرتع به میزان ۱ و کاربری تپه‌های ماسه‌ای و نهشته‌های بادی به ترتیب به میزان ۱

و ۲ درصد از کل سطح منطقه‌ی مورد مطالعه افزایش و کاربری‌های کشاورزی و اراضی بایر به ترتیب به میزان ۱ و ۳ درصد کاهش یافته‌است.

جدول ۴: مساحت و درصد مساحت طبقه‌های مختلف کاربری اراضی برای سال‌های مورد مطالعه (کیلومتر مربع)

پوشش اراضی	۲۰۰۰		۲۰۰۵		۲۰۱۰		۲۰۱۵	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
کشاورزی	۷۴۲/۲	۲۵	۸۵۱/۱	۲۸	۱۰۷۴/۶	۳۶	۷۱۴/۶	۲۴
بایر	۵۳۸/۶	۱۸	۴۳۷/۴	۱۵	۲۹۴/۵	۱۰	۴۳۶/۷	۱۵
مراتع	۴۶۱/۱	۱۵	۷۲۲/۷	۲۴	۲۷۷	۹	۴۸۲/۸	۱۶
تپه‌های ماسه‌ای	۴۰۶/۵	۱۴	۳۴۰/۴	۱۱	۳۲۹/۳	۱۱	۴۳۸/۵	۱۵
سطوح آبی	۰/۳	۰	۴/۴	۰	۰	۰	۲/۳	۰
نهشته‌های بادی	۸۴۳/۱	۲۸	۶۳۵/۸	۲۱	۱۰۱۶/۴	۳۴	۹۱۷	۳۱

جدول ۵: اختلاف درصد مساحت کاربری‌های مختلف در سال‌های مورد مطالعه

پوشش اراضی	اختلاف درصد مساحت			
	۲۰۰۰-۲۰۱۵	۲۰۱۰-۲۰۱۵	۲۰۰۵-۲۰۱۰	۲۰۰۰-۲۰۰۵
کشاورزی	۴	۷	-۱۲	-۱
بایر	-۳	-۵	۵	-۳
مراتع	۹	-۱۵	۷	۱
تپه‌های ماسه‌ای	-۲	۰	۴	۱
نهشته‌های بادی	-۷	۱۳	-۳	۲

۲-۴- ارزیابی صحت طبقه‌بندی

در تحقیق حاضر دقت طبقه‌بندی تصاویر با بهره‌گیری از نمونه‌های آموزشی، ماتریس خطا و محاسبه‌ی شاخص‌های آماری دقت کلی، ضریب کاپا، دقت تولیدکننده و دقت کاربر انجام شد. نتایج طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری برای سال‌های مورد مطالعه نیز در جدول (۶) ارائه شده‌است.

جدول ۶: دقت طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری اراضی (سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵)

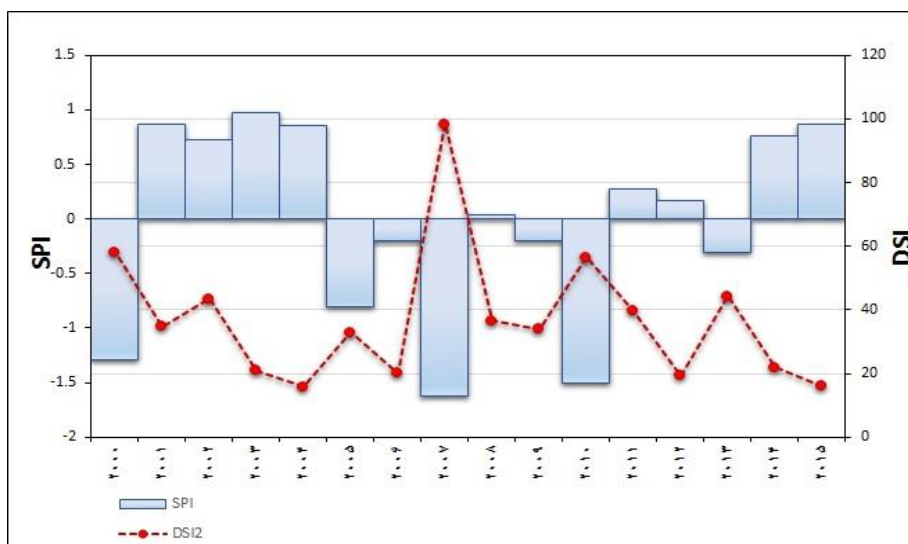
سال	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵
دقت کلی	۹۲	۹۴	۸۷	۸۶
ضریب کاپا	۹۰	۹۲	۸۱	۸۲
دقت تولیدکننده	۹۵	۹۴	۷۷	۸۳
دقت کاربر	۸۷	۹۳	۷۹	۸۲

۳-۴- بررسی ارتباط شاخص‌های اقلیمی

تغییرات خشکسالی (SPI) و بررسی‌های آماری تعداد روزهای طوفان گرد و غبار (DSI) شهرستان سرخس در دوره مطالعه (۲۰۱۵-۲۰۰۰)، در جدول (۷) و شکل (۳) ارائه شده‌است. همان‌گونه که مشهود است با تغییرات بارش، شدت خشکسالی در سال‌های مختلف نیز متفاوت است. نتایج بیانگر آن است که سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۵ به ترتیب خشک‌ترین و پر باران‌ترین سال در طول دوره‌ی مورد مطالعه بوده‌است. از طرفی، این سال‌های خشک و تر که با شاخص SPI تعیین شد، با شاخص DSI نیز مقایسه شد. نتایج شاخص DSI نشان می‌دهد سال ۲۰۰۷ با ۹۸ روز طوفان، بیشترین و سال ۲۰۱۵ با ۱۶ روز طوفان، کمترین روزهای طوفانی را برمی‌گیرد که تأیید می‌کند در سال‌هایی که شرایط خشکسالی در شهرستان حاکم بود، تعداد وقوع طوفان گرد و غبار نیز افزایش داشته و در سال‌های با شرایط بهتر، از تعداد روزهای طوفان گرد و غبار کاسته شده‌است. پهنه‌بندی خشکسالی و تعداد روزهای طوفانی بر اساس شاخص‌های SPI و DSI در سطح شهرستان سرخس با دوره‌های ۵ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ در شکل (۴) ارائه شده‌است. نتایج پهنه‌بندی نشان می‌دهد که تعداد وقوع طوفان‌های گرد و غبار در بخش‌های شرقی شهرستان بیش از بخش‌های غربی آن است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تعداد وقوع این طوفان‌ها در سال ۲۰۱۵ نسبت به سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ کاهش چشمگیری داشته‌است؛ به طوری که در اکثر نقاط شهرستان تعداد این پدیده کمتر از ۱۶ روز در سال بوده‌است که البته با نتایج حاصل از خشکسالی نیز تطابق خوبی دارد.

جدول ۷: تغییرات شاخص SPI و شاخص DSI در دوره آماری مشترک

سال	SPI	کلاس خشکی	DSI	کلاس روزهای گرد و غبار	NDVI
۲۰۰۰	-۱/۲۹	نسبتاً خشک	۵۸	شدید	-۰/۱۱
۲۰۰۱	۰/۸۷	تقریباً طبیعی	۳۵	شدید	۰/۰۷
۲۰۰۲	۰/۷۲	تقریباً طبیعی	۴۳	شدید	-۰/۰۱
۲۰۰۳	۰/۹۷	تقریباً طبیعی	۲۱	متوسط	۰/۰۸
۲۰۰۴	۰/۸۵	تقریباً طبیعی	۱۶	متوسط	-۰/۰۸
۲۰۰۵	-۰/۸۱	تقریباً طبیعی	۳۳	شدید	-۰/۱۱
۲۰۰۶	-۰/۲	تقریباً طبیعی	۲۰	متوسط	-۰/۰۷
۲۰۰۷	-۱/۶۲	به شدت خشک	۹۸	خیلی شدید	-۰/۱۸
۲۰۰۸	۰/۰۴	تقریباً طبیعی	۳۷	شدید	-۰/۰۸
۲۰۰۹	-۰/۲	تقریباً طبیعی	۳۴	شدید	-۰/۱
۲۰۱۰	-۱/۵	نسبتاً خشک	۵۷	شدید	-۰/۰۲
۲۰۱۱	۰/۲۷	تقریباً طبیعی	۴۰	شدید	-۰/۱۲
۲۰۱۲	۰/۱۷	تقریباً طبیعی	۱۹	متوسط	-۰/۰۵
۲۰۱۳	-۰/۳۱	تقریباً طبیعی	۴۴	شدید	-۰/۱
۲۰۱۴	۰/۷۶	تقریباً طبیعی	۲۲	متوسط	۰/۰۲
۲۰۱۵	۰/۸۷	تقریباً طبیعی	۱۶	متوسط	۰/۲۶



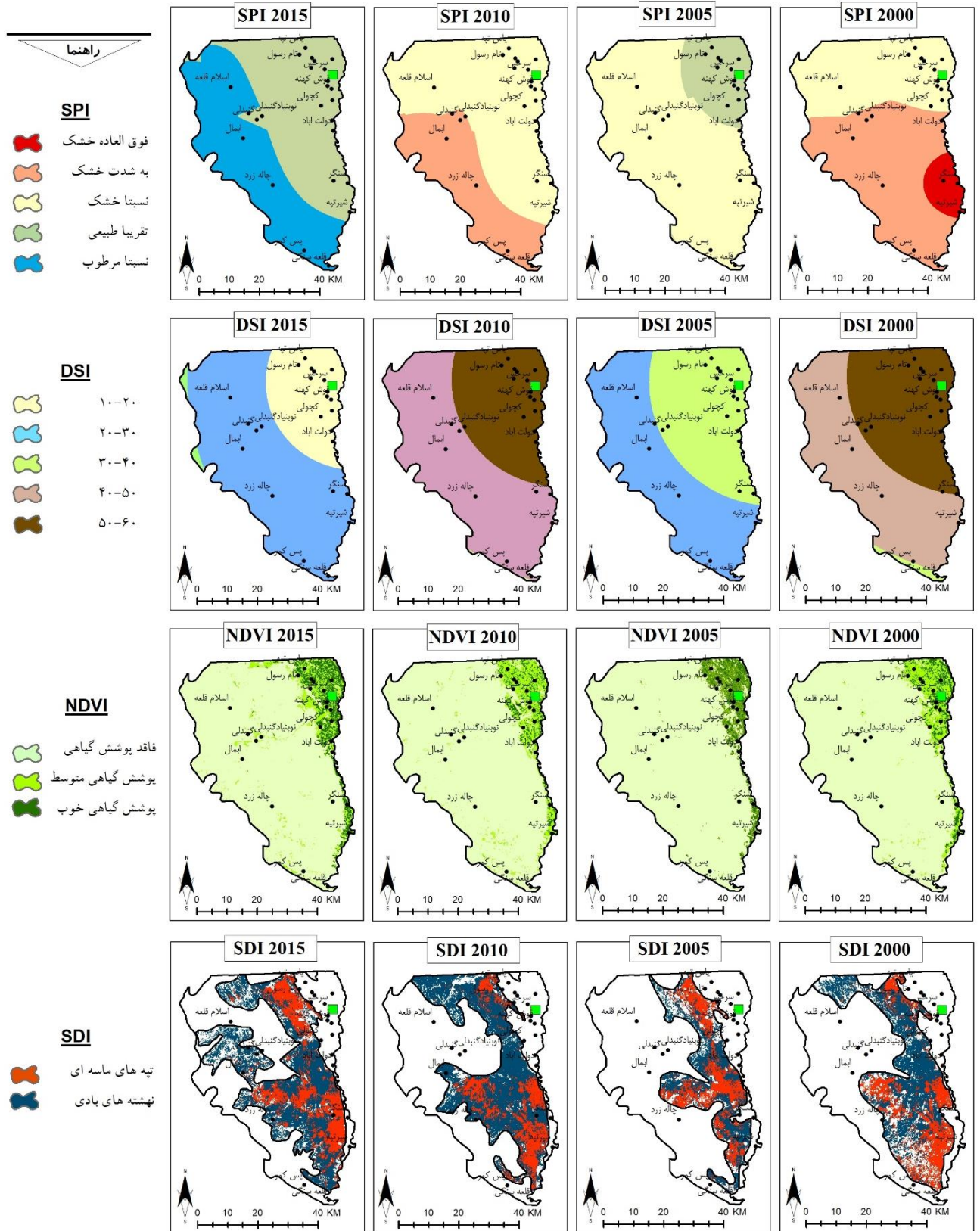
شکل ۳: تغییرات شاخص DSI نسبت به شاخص SPI

۴-۴- بررسی ارتباط شاخص‌های اقلیمی و ماهواره‌ای

برای بررسی کارایی شاخص‌های گیاهی و اقلیمی، مقادیر NDVI از تصاویر ماهواره‌ای لندست استخراج و با مقادیر دو شاخص اقلیمی SPI و DSI مقایسه شد که نتایج آن در جدول (۸) ارائه شده است. بررسی بین مقادیر شاخص‌های اقلیمی و ماهواره‌ای نشان داد در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۰ - که طبق شاخص‌های اقلیمی، سال‌های خشک محسوب می‌شوند - مقدار NDVI و سطح پوشش گیاهی کاهش یافته و در سال ۲۰۱۵ نیز سطح پوشش گیاهی در ۱۵ سال مورد بررسی، در بالاترین سطح بوده است. این بدین مفهوم است که با تغییر میزان بارندگی و تغییر روند اقلیمی به سمت نرمال یا ترسالی در مقایسه با سال‌های دیگر، میزان پوشش گیاهی نیز افزایش یافته است. سپس نتایج به دست آمده از شاخص‌ها با تغییرات مساحت پهنه‌های ماسه‌ای برای ۴ دوره ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ مقایسه و بررسی شد که در جدول (۸) ارائه شده است. مقایسه‌ی مساحت‌های به دست آمده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره با شکل (۳) نشان می‌دهد که خشکسالی سال ۲۰۰۵ پس از چهار سال - که منطقه از نظر اقلیمی شرایط نرمالی داشته - رخ داده است؛ از این رو، مساحت پهنه‌های ماسه‌ای نسبت به دیگر سال‌های دوره‌ی آماری کمتر بوده است. مقایسه‌ی سطح پهنه‌های ماسه‌ای در چهار دوره‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۵ با وجود اینکه شاخص SPI نشان دهنده‌ی شرایط طبیعی اقلیمی نرمال می‌باشد و شاخص DSI کمترین تعداد روزهای گرد و غبار منطقه را در طول دوره‌ی آماری نشان می‌دهد، اما مساحت پهنه‌های ماسه‌ای افزایش چشمگیری داشته است که این امر به دلیل خشکسالی‌های پی در پی سال‌های گذشته می‌باشد. پهنه‌بندی شاخص‌های اقلیمی و تصاویر ماهواره در شکل (۴) ارائه شده است.

جدول ۸: مقادیر شاخص‌های اقلیمی و تصویری و مقایسه‌ی مساحت پهنه‌های ماسه‌ای در دوره‌ی مورد مطالعه

سال	شاخص‌ها			مساحت - کیلومتر مربع	
	NDVI	DSI	SPI	پهنه‌های ماسه‌ای	پوشش گیاهی
۲۰۰۰	-۰/۲۹	۵۸	-۰/۱۱	۱۲۴۹/۶	۱۲۳/۹۴
۲۰۰۵	-۰/۸۱	۳۳	-۰/۱۱	۹۷۶/۲	۱۲۵/۶۹
۲۰۱۰	-۱/۵	۵۷	-۰/۰۲	۱۳۴۵/۷	۱۱۱/۵۳
۲۰۱۵	۰/۸۷	۱۶	۰/۲۶	۱۳۵۵/۵	۱۷۰/۹۲



شکل ۴: پهنه‌بندی شاخص‌های SPI، DSI، NDVI و شاخص SDI در چهار دوره‌ی مورد مطالعه

۵- بحث و نتیجه‌گیری

بررسی شاخص خشکسالی حاکی از آن است که در دوره‌ی مورد مطالعه، سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۵ به ترتیب خشک‌ترین و پرباران‌ترین سال می‌باشد. نتایج حاصل از شاخص گرد و غبار نیز مؤید همین موضوع است؛ به طوری که در سال ۲۰۰۷ با ۹۸ روز طوفان و در سال ۲۰۱۵ با ۱۶ روز طوفان، به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد وقوع طوفان گرد و غبار در سطح دشت سرخس وجود داشته‌است. این نتایج با نتایج تحقیق لشکری و کیخسروی (۲۰۰۷) - که به بررسی آماری طوفان گرد و غبار در استان خراسان رضوی پرداختند - همخوانی دارد.

مقایسه‌ی تغییرات کاربری اراضی در دشت سرخس نشان می‌دهد که بیشترین توسعه‌ی اراضی کشاورزی ۷ درصد در سال ۲۰۱۰ نسبت به دوره‌ی قبل خود می‌باشد و این در حالی است که در سال ۲۰۱۵ مساحت این کاربری به دلیل خشکسالی‌های رخ داده، به میزان ۱۲ درصد کاهش یافته‌است. از سوی دیگر، روند تخریب اراضی مرتعی در سال ۲۰۱۰ به کاهش ۱۵ درصدی این کاربری در منطقه منجر شده‌است که این امر به واسطه‌ی خشکسالی‌های سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ می‌باشد. کاهش اراضی مرتعی و بایر نیز می‌تواند دلیل دیگری داشته باشد؛ از جمله کشت دیم در منطقه. Parker و همکاران (۲۰۰۳) نیز معتقدند عمده‌ترین دلیل تخریب جنگل‌های یونان، تبدیل آن به اراضی کشاورزی است. بحران‌های اقلیمی و خشکسالی‌های پی در پی در منطقه به افزایش مساحت پهنه‌های فرسایش بادی در طول دوره‌ی مورد مطالعه در منطقه منجر شده‌است. همچنین در طی دوره‌ی مورد بررسی، بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ کلاس سطوح آبی با تغییرات کمتر از یک درصد تقریباً بدون تغییر باقی مانده‌است.

در تحقیق حاضر، خشکسالی با استفاده از شاخص SPI ارزیابی شد. نتایج نشان داد که طی دوره‌ی ۱۵ ساله مورد بررسی، شرایط خشکسالی و ترسالی بر منطقه حکم فرما بوده، اما روند کلی تغییرات به سمت خشکسالی است؛ به طوری که در طول سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، خشکسالی از حالت تقریباً طبیعی به حالت نسبتاً خشک و بعضی سال‌ها شدیداً خشک در آمده‌است. در اثر این رخداد، مساحت کاربری‌های کشاورزی و اراضی مرتعی کاهش یافته و به مساحت پهنه‌های فرسایش بادی افزوده شده‌است. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر با نتایج محمدی و همکاران (۲۰۱۸) در پایش تغییرات کاربری اراضی و ارتباط آن با خشکسالی هم راستا می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از تحقیق گوهری و همکاران (۲۰۱۹) در خصوص تعیین پهنه‌های ماسه‌ای شهرستان سرخس، مؤید افزایش پهنه‌های ماسه‌ای در این منطقه می‌باشد.

نتایج حاصل از محاسبه‌ی شاخص SPI و DSI نشان داد که در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۰، خشکسالی‌های نسبتاً شدیدی در سطح منطقه‌ی مورد مطالعه رخ داده‌است. محاسبه‌ی شاخص NDVI در دوره‌ی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ نیز نشان داد که میزان پوشش گیاهی به طور قابل محسوسی کاهش یافته‌است (از ۱۲۵/۶۹ به ۱۱۱/۵۳ کیلومتر مربع)؛ در حالی که در سال ۲۰۱۵ به عنوان سال تقریباً نرمال، میزان پوشش گیاهی بر مبنای شاخص NDVI میزان پوشش گیاهی افزایش یافته (تقریباً ۶۰ کیلومتر مربع) است که اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی منطقه را نشان می‌دهد.

در این تحقیق، توان دو شاخص اقلیمی و یک شاخص ماهواره در تشخیص تغییرات رخ داده در پهنه‌های فرسایش بادی در دشت سرخس بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که شاخص NDVI با شاخص‌های اقلیمی SPI و DSI انطباق خوبی دارد و در نتیجه، سطح پهنه‌های ماسه‌ای با توجه به وضعیت خشکسالی، شدت طوفان‌های گرد و غبار و سطح

پوشش گیاهی در سال‌های مورد مطالعه متفاوت است. بهره‌گیری از شاخص‌های اقلیمی و ماهواره‌ای برای پیش‌بینی تغییرات پهنه‌های ماسه‌ای از ابزارهای مهم به شمار می‌رود؛ از این رو، پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر نقشه‌های پوشش زمین از این شاخص‌ها استفاده کرد. با در اختیار داشتن نقشه‌های موقعیت مکانی از تمام پیکسل‌های هر یک از کاربری‌ها، می‌توان از این مسئله در برنامه‌ریزی‌های آینده کمک گرفت.

منابع

1. Agnew, C. T., 2000. Using the SPI to Identify Drought, *Drought Network News*, 12(1), 5-12.
2. Arroyo, L. A.; Johansen, K.; Armston, J.; & S. Phinn, 2010. Integration of LiDAR and QuickBird imagery for mapping riparian biophysical parameters and land cover types in Australian tropical savannas, *For. Ecol. Manag.*, 259, 598-606.
3. Baherai, H.; Ayazi, S. M. H.; Rajaie, M. A.; & H. Ahmadi, 2011. Synoptic Statistical Analysis of Dust Phenomena in Ilam Province, *New Attitudes in Human Geography*, 4(1), 47-67. (In Persian).
4. Bijaber, N.; El Hadani, D.; Saidi, M.; Svoboda, M.; Wardlow, B.; Hain, C.; ... & A. Rochdi, 2018. Developing a remotely sensed drought monitoring indicator for Morocco, *Geosciences*, 8(2), 55.
5. Boroughani, M.; Taie, M.; & S. K. Mirnia, 2013. Analysis of Relationship between Hydrogeological and Climate Droughts of Sabzevar Plain Using SWI and SPI Indices, *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 20(4), 733-744. (In Persian).
6. Congalton, R. G., 2006. Accuracy assessment of remotely sensed data: Future needs and directions. In *Proceedings of the Pecora 12 Land Information from Space-Based Systems*; ASRPS: Bethesda, MD, USA 2006
7. Ebrahimzadeh, S.; Bazrafshan, J.; & Kh. Ghorbani, 2013. Study of the identification of the variations in plant vegetation using remote sensing and ground-based drought indices (case study: Kermanshah province), *Journal of Agricultural Meteorology*, 1(1), 37-48 (in Persian).
8. Gholam, Ali, M.; Younes, K. H.; Esmail, A.; & T. Fatemeh, 2011. Assessment of Geostatistical Methods for Spatial Analysis of SPI and EDI Drought Indices, *World Applied Sciences Journal*, 15(4), 474-482.
9. Gohari, z.; Ara, H.; & H. Memarian, 2019. Comparison of Performance in Image Classification Algorithms of Satellite in Detection of Sarakhs Sandy zones, *Journal of Environmental Erosion Research*, 34(2), 19-36 (in Persian).
10. Gillies, R. R.; Carlson, T. N.; Cui, J.; Kustas, W. P.; & K. S. Humes, 1997. A verification of the 'triangle' method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurement of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature, *International Journal of Remote Sensing*, 18, 3145-3166.
11. Hahnenberger, M., & K. Nicoll., (2012). Meteorological characteristics of dust storm events in the eastern Great Basin of Utah, U.S.A.. *Atmospheric Environment*. 60(15), 601-612.
12. Hayes, M. J.; Svoboda, M. D.; Wilhite, D. A.; & O. V. Vanyarkho, 1999. Monitoring the 1996 drought using the Standardized precipitation Index, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(3), 429-437.
13. Herweijer, C., & R. Seager., (2008). The global footprint of persistent extratropical drought in the instrumental era. *International Journal of Climatology*. 28(13), 1761-1774.
14. Khoshkish, A.; Alijani, B.; & Z. Hejazi, 2011. Synoptic Analysis of Dust Systems in Lorestan Province, *Journal of Applied Geosciences Research*, 18(21), 91-110. (In Persian).
15. Kikhosravi, Gh., & S. Mirzaei., (2016). Application of Remote Sensing and Geographic Information System in Weather and Climatic Studies. Tehran: Payam moalef (in Persian).

16. Lashkari, H., & Gh. Kikhosravi., (2007). Statistical Synoptic Analysis of Dust Storm in Khorasan Razavi Province (1993-2005). *Natural Geography Research*. 22, 33-65 (in Persian).
17. Li, C.; Leal Filho, W.; Yin, J.; Hu, R.; Wang, J.; Yang, C.; ... & D. Y. Ayal, 2018. Assessing vegetation response to multi-time-scale drought across inner Mongolia plateau, *Journal of cleaner production*, 179, 210-216.
18. Liu, C. L., & J. J. Wu., (2008), Crop drought monitoring using MODIS NDVI over Mid-Territory of China. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*.
19. Machala, M., & L. Zejdová., (2015). Forest mapping through object-based image analysis of multispectral and LiDAR aerial data. *Eur. J. Remote Sens.* 47, 117-131.
20. Matsushita. B.; Wei. Y.; Jin. C.; Yuyichi. O.; & Q. Guoyn., 2007, Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to topographic effects: A case study in high-density Cypress forest, *Sensors*, www.mdpi.org, sensors,72-88.
21. Mohammadi, Sh.; Habashi, Kh.; & S. Pourmanafi, 2018. Monitoring and prediction land use/ land cover changes and its relation to drought (Case study: sub-basin Parsel B2, Zayandeh Rood watershed), *RS & GIS for Natural Resources*, (Vol. 9/ Issue 1). (in Persian).
22. O'Lionsigh, T.; McTainsh, G. H.; Tews, E. K.; Strong, C. L.; Leys, J. F.; Shinkfield, P.; & N. J. Tapper, 2014. The Dust Storm Index (DSI): A method for monitoring broadscale wind erosion using meteorological records, *Aeolian Research*, 12(1), 29-40.
23. Parker, D. C.; Manson, S. M.; & M. J., Deadman, 2003. Multi agent systems for the simulation of land use and land cover change: a Review, *Annals of the Association of American Geographers*, 43, 314-337.
24. Rezazadeh, M.; Irannejad, P.; & Y. Shao, 2013. Climatology of the Middle East dust events, *Aeolian Research*, 103-109.
25. Sanjari, S., & N. Boroomand., (2013). Land use/cover change detection in last three decades using remote sensing technique (Case study: Zarand region, Kerman province). *Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science*. Vol.4/ Issue 1 (in Persian)
26. Sharma, A., 2006. Spatial data mining for drought monitoring: An approach using temporal NDVI and relationship, Thesis Geo-Information Science and Earth Observation, India
27. Tews, E. k.; Leys, J.; McTainsh, G.; & Y. Shao, 1996. Wind erosion monitoring and modeling techniques in Australia, *In Sustaining the Global Farm, Selected Papers From the 10th International Soil Conservation Organization Meeting* (pp. 940-950), West Lafayette, Indiana: Int. Soil Conserv. Organ.
28. Tan, M.; Li, X.; & L. Xin, 2014. Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition, *Atmospheric Environment*, 85(4), 215- 222.
29. Tan, Z. Q.; Tao, H.; Jiang, J. H.; & Q. Zhang, 2015. Influence of climate extremes on NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) in the poyang lake basin, china, *Wetlands*, 35, 1033-1042.
30. Tsakiris, G., & H. Vangelis., (2004). Towards a drought watch system based on spatial SPI. *Water Resources Management*. 18, 1-12.
31. Zhang, Q.; Kong, D. D.; Singh, V. P.; & P. J. Shi, 2017. Response of vegetation to different time-scales drought across China: spatiotemporal patterns, causes and implications. *Global Planet. Change* 152, 1e11.
32. Zhao, X. L.; Li, W. L.; Guo, X. L.; Cui, Y.; Zhao, Y. T.; & J. Xu, 2017. The responses of Pa, SPI and SPEI to dry climate in the alpine meadows of eastern Qing-Tibet Plateau, *Pratacultural Sci*, 34(2), 273-282.
33. Ziqiang, M., & Z. Quanxi., (2007). Damage effects of dust storm PM2.5 on DNA in Alveolar Macrophages and Lung cells of rates. *Food and Chemical Toxicology*. PP 1363-1374.

Comparative Study of Climate and Satellite Indices in the Process of Sandy Zones Change in Sarakhs

Zahra Gohari: *Ph.D Student in Natural Resources Department, Faculty of Desert Studies, University of Semnan, Semnan*

Haideh Araⁱ: *Assistant professor, Natural Resources Department, Faculty of Desert Studies, University of Semnan, Semnan*

Hadi Memarian: *Associate professor, Natural Resources Department, Faculty of Natural Resources & environment, University of Birjand, Birjand*

Article History (Received: 2019/12/24

Accepted: 2020/05/7)

Extended abstract

1- Introduction

Sarakhs is strategically and geopolitically important in Khorasan Razavi province and the country. Existence of Khangiran Refinery, Sarakhs Special Economic Zone, Silk Highway, Sarakhs Great Transit Customs, etc ... It has led to the development and prosperity of the city that has added to the city's population in recent years. On the other hand, the three of the wind erosion crisis, and progress of the wind erosion zones in the region due to drought and the persistence of dust storms, are the most important threats to the strategic locations of the region. It is important for planners and managers to be aware of changes in wind erosion zones over a period of time and their relationship to climate. One of the most cost-effective ways to determine sandy zones variations is to use satellite images and related indicators. Among the many vegetation indices, NDVI is one of the global vegetation indices. On the other hand, global warming has had a significant impact on vegetation growth in recent years and has had a significant impact on vegetation dynamics. The purpose of this study was to compare the capability of detecting satellite and climate indices in the changes occurring in Sarakhs plain. That drought has detrimental effects on environmental and human resources, In this research, we are trying to identify the trend of expansion of sandy areas that is a serious threat to the resources available in Sarakhs city, using drought, dust storm and satellite indicators

2- Methodology

In this research required data including implemented projects, general statistics and information of the area, layers and topographic maps, meteorological data, satellite images, field sampling and ... were collected and were analyzed with statistical software, satellite image processing and geographic information systems software. The statistical term for studying changes in climate and satellite indices is 15 years, from 2000 to 2015, based on this time base, meteorological data were selected for qualitative, homogeneous and reconstructed Landsat satellite images. The climate indices calculated in this study were SPI and DSI index. That daily data of dust, horizon and daily precipitation data of synoptic stations, rain and evaporimeter stations were used to calculate these indices and the satellite indexes include the NDVI and SDI, which use the Landsat ETM + satellite imagery. The results of the calculation of these indices were compared and analyzed.

3- Results

Investigation between the values of climate and satellite indices showed, according to climate indices, the years 2000, 2005, 2007 and 2010 are considered as dry years, with NDVI and vegetation levels also decreasing. In 2015, the vegetation level is at its highest level and this means that the amount of vegetation has increased as the rainfall changes and the climate changes to normal or wetter compared to other years. The results of the indices were also compared with the changes of the sandy area for the four periods of 2000, 2005, 2010 and 2015. Results show that the 2005 drought occurred after four years of climate-normal conditions in

ⁱ Corresponding Author: Ara338@semnan.ac.ir

the region therefore, the area of sandy zones was less than other years of statistical period. Comparison of the surface of the sandy zones in the four studied periods shows in 2015, despite the SPI index showing normal natural climate conditions and the DSI index showing the lowest number of days of dust in the region during the statistical period, the area of sandy areas has increased dramatically due to years of continuous drought.

4- Discussion & Conclusions

The study of drought index shows that during the study period 2007 and 2015 are the driest and most productive years, respectively. This is also confirmed by the results of the dust index That highest and lowest number of dust storms occurred in the Sarakhs plain in 2007 with 98 days of storms and 2015 with 16 days of storms, respectively. A comparison of land use changes in the Sarakhs plain shows that the highest agricultural land development is 7% in 2010 compared to the previous period and while in 2015 the area has fallen by 12 percent due to droughts. On the other hand, rangeland degradation in 2010 reduces land use by 15% in 2010 Caused by the droughts of 2007-2010. Reduced rangeland and bare land could be another reason, including dryland cultivation in the area. Calculation of the NDVI index for the period 2005-2010 also showed that the amount of vegetation decreased significantly (From 125/69 to 111/53 km²) While in 2015 as an almost normal year, the vegetation rate increased according to the NDVI index. (Approx. 60 Km²) which indicates the effect of drought on the vegetation of the region. In this study, the ability of detecting two climate indices and one satellite index, to study changes in wind erosion zones in Sarakhs plain was studied. The results show that the NDVI index is in good agreement with the SPI and DSI climate indices. As a result, the level of sandy zones varies according to the drought situation, the intensity of dust storms, and the level of vegetation cover in the years studied.

Key Words: Dust storm index- Standardized Precipitation Index- Normalized Difference Vegetation Index – Sandy zones- Remote sensing- Sarakhs